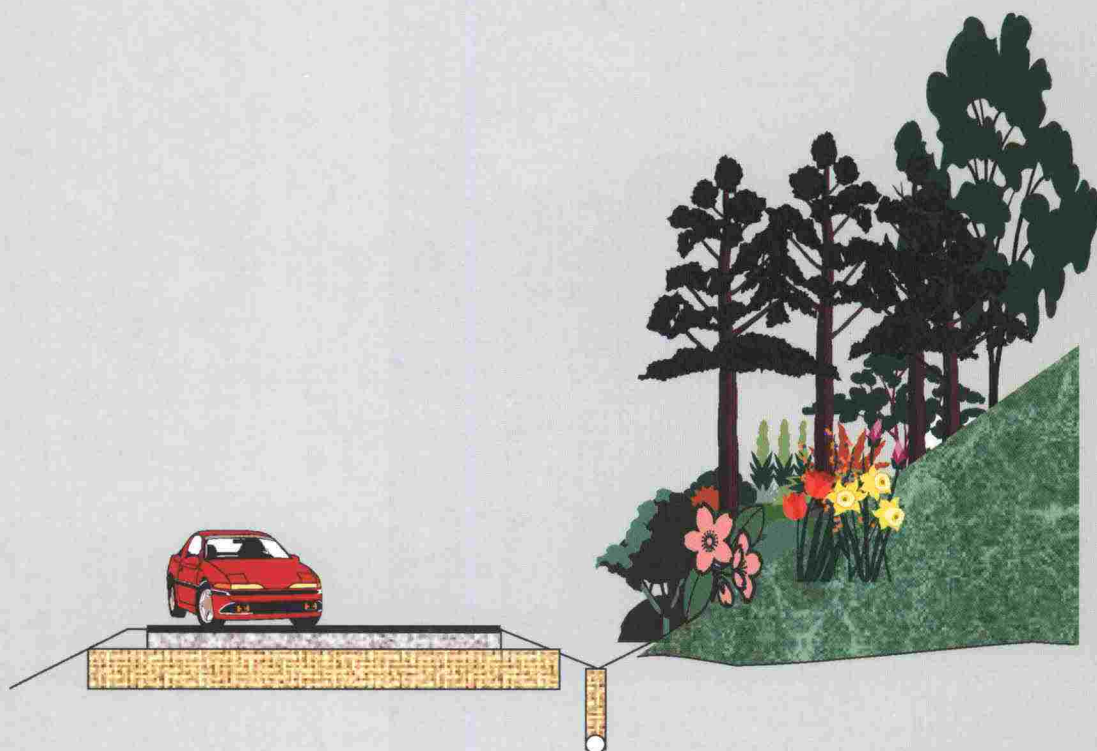


# Syväkuivatuksen käyttö tien sivulta virtaavan veden aiheuttamien routavaurioiden korjaamisessa



Tielaitoksen  
selvityksiä  
47/2000

Oulu 2000

TUOTANTO  
Tuotannon T&K

Tielaitoksen selvityksiä  
47/2000

**Syväkuivatuksen käyttö tien sivulta  
virtaavan veden aiheuttamien  
routavaurioiden korjaamisessa**

**Tielaitos**  
**TUOTANTO**  
Tuotannon T&K

Oulu 2000

ISSN 0788-3722  
ISBN 951-726-689-8  
TIEL 3200633

Oy Edita Ab  
Helsinki 2000

Julkaisua myy  
Tielaitos, julkaisumyynti  
telafaksi 0204 44 2652  
julkaisumyynti@tielaitos.fi



**Tielaitos**  
**TUOTANTO**  
Opastinsilta 12 B  
PL 73  
0521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 44 150

**Aiheluokka** 37, 38

**Asiasanat** routanousu, routavaurioiden korjaus, kuivatuksen suunnittelu

## TIIVISTELMÄ

Sivukaltevassa maastossa tierakenteessa usein esiintyvä ongelma on pistemäinen, talvikausittain ilmenevä routakohouma, joka syntyy paannejään tapaan veden virratessa ja jäätyessä tierakenteessa. Ongelma on poistettavissa katkaisemalla veden virtaus tien yläpuolisessa luiskassa tai sivuojassa pohjamaahan saakka ulottuvan syväsalaojan avulla.

Syväkuivatusmenetelmä ei ole uusi. Menetelmää ei kuitenkaan ole käytetty yleisesti. Varsinkin päällystettävien teiden parantamistoimenpiteitä suunniteltaessa sivulta tulevan veden aiheuttaman vaurion tunnistaminen ja toimivan korjausratkaisun valinta on jo kustannussyistäkin tarpeen.

Vuosittain ilmenevä, liikenteelle haitallinen, suppea-alainen routakohouma on tunnistettavissa paitsi routavaaurioksi myös varoituskolmiosta, jolla liikennettä ongelman vakavuuden vuoksi on varoitettava. Varsinaisissa tutkimuksissa on selvittävä veden virtauksen aiheuttaja ja virtaavan veden määrä. Tien rakentamisen, parantamisen ja vaurioinventointitietojen lisäksi tulee selvittää veden luonnontilaiset virtaussuunnat ja valuma-alueiden laajuus. Maatutka on osoittautunut erinomaiseksi tutkimusvälineeksi tien rakennekerrosten ja pohjamaan maaperän ominaisuuksien selvittämisessä. Lisäksi tarvitsee tehdä riittävä määrä referenssikairauksia, joiden avulla varmistetaan mm. kalliopinnan sijainti.

Toimiviksi syväkuivatusrakenteiksi ovat osoittautuneet kuivatusohjeissa tunnetut perinteiset rakenneratkaisut, kuten suoto- ja salaojat. Kallioleikkauksissa ja kallionokkien kohdalla syväkuivatus hoidetaan irtilouhinnalla tehdyillä suoto-ojilla. Syväsalaojitus ulotetaan routattomaan syvyyteen saakka. Syväkuivatusrakenteet kannattaa sijoittaa tieluiskaan tai sivuojan pohjalle, jossa kaivussyvydeksi suojaavan lumikerroksen ansiosta useimmiten riittää 1,2...1,4 m. Syväkuivatuksen on todettu parantavan ei ainoastaan tien tasaisuutta ja liikennöitävyyttä, vaan myös tien reunakantavuutta.



**Key words** frost heave, renovation, drainage

## ABSTRACT

The aim of this publication is to review the advantages that can be reached by using subsurface drainage methods to prevent frost heave problems in sloping areas.

Water running from slopes above road structures often penetrates into the sub-base and subsoil, causing ice development in the saturated layers in winter. In cases where the slopes are covered with snow, water may run into the frozen road structure all winter, causing ice formation, like sheet ice, and severe frost heaving, which often breaks the AC pavement and structure. This may decrease the service level and create a need for yearly renovation or expensive repair work. To avoid these problems and extra annual expenses, a very simple and cheap solution is to use often forgotten subsurface drainage methods.

This publication presents procedures used to identify circumstances that point to water running from slopes as the reason for the formation of frost heave damage. Geo radar has turned out to be a very speedy, cheap and reliable device for this purpose. Only a few control rotary borings are needed to check the level of rock or the boundary surface of different layers. Instructions for designing and building subsurface draining constructions are given, too.

## ALKUSANAT

Sivukaltevaan maastoon rakennetussa tiessä lähes vuosittain toistuva pistemäinen routakohouma saattaa olla muodostunut tierakenteeseen sivulta virtaavan veden vaikutuksesta. Routaheitto voi olla syntynyt myös sivuojan kohdalla sijaitsevan kalliokohouman vaikutuksesta, jolloin pintavedet virtaavat tierakenteeseen. Ongelma on kiusallinen, sillä se ei ole poistettavissa perinteisellä sivuojituksella. Tehokkaaksi keinoksi on osoittautunut routarajan alapuolelle saakka ulottuva syväkuivatus, joka katkaisee veden virtaamisen tierakenteeseen ja estää tierungon routimisen. Menetelmää nimitetään syväsalaojitukseksi. Varsinkin Uudenmaan tiepiirissä menetelmää on laajasti kokeiltu ja otettu käyttöön perusparannettavien - tai päällystettävien teiden korjaussuunnitelmia laadittaessa ja toteutettaessa.

Menetelmän laajemman tunnettavuuden ja menetelmässä käytettävien keinojen lisäämiseksi tuotannon T&K:ssa käynnistettiin vuonna 1998 kehittämisprojekti, jonka erityistavoitteita olivat mm. ongelmakohtien tutkimusmenetelmien sekä syväkuivatuksen rakenneratkaisujen kehittäminen.

Projektissa rakennettiin vuosina 1998 ja 1999 erilaisia koerakenteita Uudenmaan, Lapin, Hämeen ja Kaakkois-Suomen tiepiireihin yhteensä 7 kpl. Ongelmakohtien tutkimisessa käytettiin hyväksi mm. maatumatekniikkaa. Koerakenteiden toimivuutta on seurattu sekä silmävaraisesti, että pohjavesihavainnoin ja routanousumittauksin.

Nyt laaditun ohjeen tarkoitus ei ole korvata olemassa olevaa tierakenteiden kuivatusta koskevaa ohjeistusta. Tässä syväkuivatusohjeessa selvitetään pistemäisen routimisongelman (routakohouman) tutkimiseen ja korjaamiseen soveltuvat edulliset menetelmät. Menettely on sovellettavissa sekä erillistoimenpiteenä että laajemminkin roudan vaurioittamien teiden parantamistarvetta arvioitaessa ja -toimenpiteitä valittaessa.

Projektia on johtanut DI Heikki Suni (T/T&K) apunaan työryhmä, jonka jäseninä ovat olleet: Teuvo Kasari (T/k), Unto Korhonen (T/pp), Kalevi Luiro (L-tiepiiri), Pekka Nousiainen (T/k), Erkki Nykänen (K-S-tiepiiri), Pasi Patrikainen (SK-tiepiiri), Seppo Pulli (T/la) ja Pekka Vallius (T/k). Ohjeistustyöhön on osallistunut routa- ja kuivatusasiantuntijana myös Pekka Turunen (T/k), joka on avustanut ohjeiston laadinnassa.

Oulussa kesällä 2000  
Tuotannon T&K

---

Sisältö

---

1	JOHDANTO	9
2	SYVÄKUIVATUKSEN NYKYTILA	10
3	ONGELMAN TUNNISTAMINEN JA TUTKIMINEN	11
	3.1 Routimistyyppin tunnistaminen	11
	3.2 Suoritettavat tutkimukset	11
4	KUIVATUSRATKAISUT	13
	4.1 Kuivatussuunnitelma	13
	4.2 Syväkuivatusrakenteet	13
5	TYÖSELITYKSET JA -OHJEET	15
6	KUSTANNUSTEN HALLINTA	16
7	KUIVATUSTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA MUU OHJEISTUS	17
8	VIITEJULKAISUT	17
9	RATKAISUESIMERKKEJÄ	18
	9.1 Esimerkkitapaus Teisko, toteutus 1999	18
	9.2 Esimerkkitapaus Söderby 1998	20

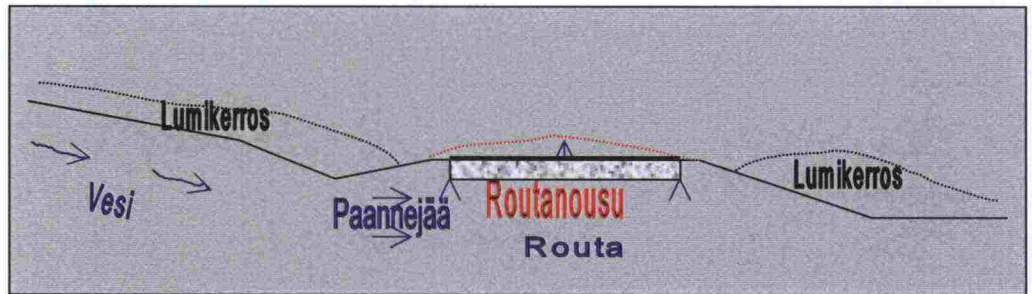


## 1 JOHDANTO

Tierakenteen kuivatuksen järjestelyssä yleisenä periaatteena on poistaa liikenteelle tai tien rakenteelle haitallinen vesi tien pinnalta, rakenteesta tai sen lähiympäristöstä. Kuivatuksen suunnittelu on yksi osa tien rakenteellista suunnittelua, jossa tavoitteena on saavuttaa tien teknisen ja taloudellisen ylläpidon osalta suunniteltu taso. Tien alusrakenteen kuivatustarve liitetään geotekniseen kantavuuteen ja vielä suuremmassa määrin routakestävyyteen.

Tien routimisilmiöiden, routanousun ja sulamispehmenemisen on todettu olevan selvässä syy-yhteydessä pohjaveden pinnan korkeuteen ja/tai pintavesien joutumiseen tierakenteeseen. Perinteisesti avo-ojitus on nähty lähes ainoaksi keinoksi parantaa tien reunakantavuutta ja vähentää yleensä roudan sulamisen aiheuttamaa kantavuuden alenemista. Alemman luokan teillä (ohuet rakennekerrokset ja matalat avo-ojat) ei juurikaan ole voitu estää veden kerääntymistä tien alusrakenteeseen ja roudan sulamisesta aiheutuvaa jokakeväistä keliä.

Tierakenteen kohdalla, jossa routaraja on huomattavasti alempana kuin lumen peittämällä tien sivustoilla, osa virtaavasta vedestä jäätyy aluksi rakennekerrosten huokostilaan aiheuttaen lopulta paannejään kaltaista jään muodostumista tierakenteeseen ja sen alla olevaan pohjamaahan. Näissä tapauksissa jään muodostumisen edellytyksenä ei siis ole routiva maalaji. Sivulta tuleva ja tierakenteessa jäätyvä vesi selittää suuren joukon epätasaista routimisenousua sivukaltevissa maastokohdissa (kuva 1).



Kuva 1: Periaatekaavio sivulta tierakenteeseen tulevan veden aiheuttaman massiiviroudan ja paannejään aikaan saamasta routanoususta

Käsillä oleva ohje syväkuivatuksesta täydentää routamitoitusohjeistusta ja antaa tienpitäjän käyttöön tehokkaan keinon vaikuttaa olemassa olevan tieverkon pistekohtaisesti esiintyvien routimis- ja eroosiovaurioiden korjauksiin pääasiassa ajoradan ulkopuolella tapahtuvaa korjausmenettelyä käyttäen. Syväkuivatustekniikan avulla voidaan vähentää myös alemman tieverkon ylläpitokustannuksia rajoittamalla keliä ja erityisesti virtaavan veden vaikutuksia tietyissä maastokohdissa, joissa pistekohtainen epätasainen routanousu ja roudan sulamisen aiheuttamat ongelmat ovat jokavuotisia.

Huomattava on, että routivan pohjamaan ollessa kysymyksessä, syväkuivatus ei estä kapillaarisen veden nousua tierakenteeseen eikä täten estä epätasaisista routanousua.

## 2 SYVÄKUIVATUKSEN NYKYTILA

Routatutkimuksessa tierakenteen routimisongelmaa on tarkasteltu sen monimuotoisuudesta johtuen yksilotteisena mallina eli on selvitetty ilmiöön liittyviä lämmön, veden, vesihöyryn ja maan liikkeitä vain pystysuunnassa. Vähemmälle huomiolle on jäänyt virtaavan veden mahdollinen osuus tierakenteen routimisen syitä selvittäessä.

Syväkuivatuksella pyritään katkaisemaan veden virtaus sivulta tierakenteeseen sekä estämään veden nousu rakenteessa kantavuuden ja routivuuden kannalta haitalliselle tasolle. Syväkuivatus on tehty pääsääntöisesti rakennekerrosten alapuolelle ulottuvilla avo-ojilla, mikä on rumentanut tien maisemakuvaa ja heikentänyt liikenneturvallisuutta. Ojien liettymisen ja umpeen kasvamisen takia sivuojat on kaivettu yleensä hiukan tarvetta syvemmiksi. Vähemmän on kiinnitetty huomiota sivuojien virtausopillisesti optimaaliseen pohjan muotoon ja eroosiokestävyyteen. Myös pelto- ja metsämaan kuivatarpeet ovat vaikuttaneet sivuojien syvyyteen.

Selvittämättä virtaavan veden vaikutusta epätasaisen, vuosittain ilmenevän routanousun muodostumiseen, yleensä ryhdytään asiaa sen enempää tutkimatta raskaaseen massanvaihtoon, vaikka vaurio saattaisi korjaantua kuivattusta tehostamalla. Virheelliseen menettelyyn on jouduttu puutteellisen routasiantuntemuksen takia. Routamitoitus on parhaimmillaan perustunut meillä roudan syvyyden, routivan maan routimisominaisuuksien ja routanoususuhteen arviointiin, joissa ei ole voitu simuloida virtaavan veden vaikutusta koko rakenteen kannalta.

Vanhemmilla teillä syväkuivatusta on käytetty vain erityisissä, runsaasti vettä purkavissa syvissä leikkauksissa. Uudemmissa, korkealuokkaisilla teillä syväkuivatusta on käytetty paitsi routavaurioiden, myös muiden vauriotyyppien estämiseen. Routavaurion poistumisen lisäksi yleensä myös tien reunakantavuus lisääntyy ja liikennöitävyys paranee. Syväsalaojan rakentamista ei ole aina pidetty tarpeellisenä; varsinkin silloin, kun sivuojan kohdalla sen rakentaminen olisi edellyttänyt louhintaa.

Pääteiden liikennettä haittaavien routimisvaurioiden syiden selvittelyä ja kokonaistilanteen inventointia on harrastettu suunnitelmallisesti muutamissa tiepiireissä jo 1980-luvulta lähtien. Korjaukset ovat yleensä onnistuneet syväkuivatustekniikalla, mikäli vauriomekanismi on pystytty selvittämään. Samaa tekniikkaa tulisi käyttää, ja on käytettykin, myös alemmalla tieverkolla epätasaisen routanousun aiheuttamien ongelmien ja kelirikon haittojen poistoon sivukaltevissa maastokohdissa. Siten ei ole tarvittu korjata jatkuvasti muutama vuoden välein päällystevaurioita sekä sivuojien eroosiovaurioita ja umpeen liettymisiä.



### 3 ONGELMAN TUNNISTAMINEN JA TUTKIMINEN

#### 3.1 Routimistyyppin tunnistaminen

Routavaurioiden korjauksen yhteydessä on voitu havaita, että suuri osa epätasaisesta, liikenteelle haitallisesta routanoususta (ns. routaheitto) aiheutuu topografialtaan vaihtelevassa maastossa, sivulta tierakenteeseen virtaavasta vedestä. Routimisvauriota muistuttavat myös sellaiset, veden aiheuttamat rakenteen sisäisen eroosion tai pengermassojen liukuman aiheuttamat vauriot, jotka näkyvät tien pinnalla painanteina ja päällysteen pituussuuntaisena halkeiluna tien reunaosilla. Tavanomainen, epätasaisen routanousun kohta saattaa sijaita myös pehmeikkömaalajien raja-alueella, jossa pohjamaa vaihtuu savi-/silttikerrostumista routivaksi moreeniksi.

Vaurioinventointia tehtäessä tulee kiinnittää huomiota tienpinnan epätasaisuuksien esiintymispaikkojen pohjaolosuhteisiin. Selvitetään, onko kyseessä pohjamaan pehmeystä tai veden virtauksesta ja maan sisäisestä eroosiosta johtuva painuma- tai liukumavaurio, vai onko kyse epätasaisesta routimisesta. Routatyyppin ja epätasaisen routimisen syiden tunnistaminen on tärkeää sen vuoksi, että vasta silloin voidaan korjaustoimenpiteet suunnitella oikein ja vaurio poistaa pysyvästi.

Perinteisesti routamitoituksella on pyritty rajoittamaan alusrakenteen routaantuvan kerroksen paksuutta sellaisissa pohjaolosuhteissa, joissa jäätymisvyöhyke saa lisävettä vain kapillaarisesti sopivalla korkeudella olevasta pohjavesivarastosta. Kyseessä olevaa routatyyppiä nimitetään kerrosroudaksi (sisältäen myös ns. jäälinssit).

Tilanne on toinen ja routanousu vaikeasti laskennallisesti hallittavissa, jos tierakenteeseen virtaa sivulta vettä, joka jäätyessään muodostaa jopa paannejäättä tierakenteeseen. Sivukaltevassa maastossa on mitattu virtaavan veden aiheuttamia 0,6...0,8 m korkeita routanousuja. Virtaavan veden aiheuttama epätasainen routiminen on kenties yleisin routatyyppi varsinkin kumpuilevilla moreenialueilla.

#### 3.2 Suoritettavat tutkimukset

Syväkuivatuksen puuttumisesta aiheutuvat vauriot liittyvät tien leikkauksiin tai kalteviin maastokohtiin, joten ennen maastotutkimusten aloittamista vaurioiden esiintymispaikkoja verrataan vanhojen rakennussuunnitelmien, laadunvalvonta- ja toteutumaraporttien sekä peruskartan tietoihin. Jos alueelta on ilmestynyt maaperäkartta (1:20 000), sen tietoja kannattaa käyttää hyväksi. Myös tierekisteriin tallennetut tiedot vauriokohteesta on syytä tarkistaa (mm. kunnossapitohistoria, kaapeli-asennukset jne.). Peruskarttojen korkeuskäyrien perusteella voidaan selvittää mm. veden luonnontilaiset virtaussuunnat ja valuma-alueiden laajuus. Kartalla kuvattu maaston topografia, kasvusto ja puuston laatu kertovat maaperän laadusta. Esim. geoteknisestä kantavuudesta, maaperän painumaominaisuuksista, kokonaisvakavuudesta jne. Si-  
vuo-  
jien liettyminen, madaltuminen ja vesoittuminen ovat merkinä tien reunan huonosta kantavuudesta. Myös tiettyjen kosteikkokasvien (esim. osmankäämi,

järviruoko, rantavehnä, vehka, rentukka, tupasvilla) viihtyminen tien sivuoja-sa kuvaa tien huonoa kuivatustilannetta.

Ongelmakohteen maa- ja kallioperä on yleensä selvitettävä ennakolta jokai-sen korjaushankkeen yhteydessä ja pohjarakennustyö toteutettava laaditun suunnitelman mukaan siten, ettei se missään vaiheessa aiheuta ympäristölle ja ympäristön rakenteille haittaa. Pohjasuhteiden osalta on selvitettävä kallio-pinnan sijainti, maapohjan kerrosrakenne, maakerrosten ominaisuudet, hyd-rogiset olosuhteet ja varsinkin sivulta tierakenteeseen pääsevät vesivirtauk-set. Näytteenotolla on syytä selvittää epätasaisen routimisen syy, eikä ryhtyä suinpäin massanvaihtoon selvittämättä ensin epätasaisen routimisen syytä.

Selvitysten ja tutkimusten tarve määräytyy aina tapauskohtaisesti. Tieraken-teen vaurion laajuus ja routanousun sijainti todetaan pintavaaituksella. Ha-vainnointia on syytä tehdä useampana vuotena. Myös runkokelirikon haittojen torjunnassa routavaaitukset, varsinkin sivu- ja pituuskaltevilla maastokohdilla, ovat tarpeellisia. Siten korjaustoimenpiteiden suunnittelu kohdistuu ongelmien todellisiin syihin ja korjaus on pitkävaikutteisempi ja tarkoituksenmukaisempi.

Nykyisten tierakenteiden pohja- ja hydrologisten olosuhteiden selvittämisessä maatutka on käyttökelpoinen, nopea ja taloudellinen tutkimusmenetelmä. Sillä saadaan syväkuivatuksen suunnittelun kannalta oleellista perustietoa, kun selvitetään olemassa olevat tien rakenteet ja paksuudet. Myös pohjamaan olosuhteita voidaan arvioida; esimerkiksi kallionokkien todentaminen, mikä on syväkuivatuksen kannalta tärkeää. Tierakenteen ja pohjamaan kosteus voi-daan selvittää maatutkan avulla. Lisäksi tarvitaan referenssikairauksia ja mahdollisesti maanäytteitä tulkintojen varmentamiseksi. Kairauspisteet voi-daan kohdistaa maatutkatulosten avulla tärkeisiin maastokohtiin.

Asutuksen lähellä ja varsinkin olosuhteissa, joissa vesihuolto on yksittäisten kaivojen varassa, suppea-alaista laajempaan syväkuivatukseseen ei tule ryhtyä ennen perusteellisia hydrogeologisia tutkimuksia ja kustannusvertailuja. Tämä siksi, koska pohjavesipinnan alentamisesta saattaa aiheutua kaivojen kuivu-misia ja/tai rakenteiden vaurioitumisia ja siten merkittäviä vahingonkorvaus-vaatimuksia.

Ennen syväkuivatuksen toteutusta mm. lähellä olevien rakennusten kunto ja kaivojen pohjavesitilanne (veden laatu ja määrä) tulee selvittää. Alueen kai-voista tulee tehdä ns. kaivokortit. Kaivoista mitataan vedenpinnankorkeudet ja otetaan vesinäytteet, joista tehdään ainakin ns. suppeat vesianalyysit. Tarvit-taessa suoritetaan jo ennen toimenpiteeseen ryhtymistä vauriokatselmus, jossa todetaan rakenteiden mahdolliset aikaisemmat painuma- ym. vauriot. Lisäksi selvitetään eri rakennusten kohdalla pohjaolosuhteet ja perustamista-vat sekä täytemaan laatu ja paksuus. Viimeistään ennen töiden aloittamista on selvitettävä myös mahdolliset kaapelit, vesijohdot, viemärit yms. rakenteet ja pyydettävä laitteen omistajaa näyttämään laitteen sijainti tie- tai työalueella.



## 4 KUIVATUSRATKAISUT

### 4.1 Kuivatussuunnitelma

Kun vaurion syyksi on osoittautunut tierakenteeseen sivulta virtaava vesi, ratkaistaan onko vaurio poistettavissa sivuojien aukaisulla, syventämisellä tai vaihtoehtoisesti syväsalaojan rakentamisella. Alemman luokan teillä korjauskustannukset ovat yleensä alhaisemmat kuin pääteillä. Korkeampiluokkaisilla teillä annetaan painoa myös tien maisemallisille ja liikenneturvallisuuskohdille korjausmenetelmää valittaessa.

Menetelmän valintaan ja suunnitelman sisältöön vaikuttaa myös käytettävissä oleva tiealue. Jos korjaustoimenpide voidaan tehdä entisen tiealueen sisällä, suunnitelma voi olla pelkkä tien pituusleikkaus, jossa on kuvattuna sivuojien korkeustasot ja mahdollista eroosiosuojausta koskeva poikkileikkaus.

Kokonaisvastuu-urakointiin soveltuva korjaussuunnitelma sisältää yleensä yleiskartan, suunnitelmakartan, pituusleikkauksen, rakenteelliset tyyppikuvat, poikkileikkaukset, määräluettelon, pistekortin ja tehdyt maaperäselvitykset, kuten maatutkadata, kairaustiedot, maanäytetiedot. Yksinkertaisimmassakin tapauksessa suunnitelmassa on esitettävä kuivatussuunnitelma.

Suunnitelmassa on esitettävä myös suunnitelmaselostus, kustannusarvio ja kustannusjakoehdotus tai sopimus kustannusjaosta eri osapuolten kesken. Yhteisöjitus, kaapelien tai muiden rakenteiden siirto edellyttävät kustannusjaosta sopimista.

### 4.2 Syväkuivatusrakenteet

Syväkuivatuksen suunnitteluohjeita on käsitelty Teiden suunnittelu IV Tien rakenne 4. Kuivatus-ohjeissa (katso luku 8. Viitejulkaisut).

Tierakenteen vesiä kerääviä ojaia nimitetään salaojiksi. Syväsalaojia käytetään estettäessä tien ulkopuolelta tulevan veden virtaaminen tierakenteeseen ja pohjaveden pinnan alentamisessa. Kuivatussyvyydestä riippuen syväkuivatus hoidetaan joko avo-ojin, suoto- tai salaojin. Sala- ja suoto-ojat keräävät vettä koko pituudeltaan.

Kallioleikkauksissa syväkuivatus hoidetaan irtilouhinnalla tehdyillä suoto-ojilla, pitkissä leikkauksissa tarvittaessa salaojilla. Syvissä maaleikkauksissa käytetään tavallisesti salaojaa.

Liikenneturvallisuuden ja esteettisten näkökohtien kannalta on vältettävä syviä avo-ojia korkealuokkaisilla teillä ja kuivatusjärjestelmät on rakennettava sadevesiviemäreiden ja syväsalaojien varaan. Siten samalla saavutetaan suurta hyötyä routamitoituksessa, tien reunan kantavuudessa ja sivuojien eroosiosuojauksessa. Syväsalaojat tarvitsevat vähän tiealuetta ja ne on rinne- maastossakin helppo sijoittaa sivuojan pohjaan tai tieluiskaan.

## Suoto-oja

Irtilouhinnalla tehtyä suoto-ojaa käytetään pistemäisten kallionokkien kohdalla, jotka estävät veden virtauksen sivuojassa. Irtilouhinta tehdään 2,0...2,5 m syvyyteen ja räjähdysainetta on käytettävä niin paljon, että räjähdyspesäkkeisiin muodostuu veden virtaukselle riittävästi tilaa. Irtilouhinta on syytä toteuttaa noin metrin levyisenä, jotta se tarvittaessa pystytään aukaisemaan koneellisesti. Kuvassa 2 on esitetty irtilouhinnalla tehty suoto-oja sekä hiekka- ja sorasuoto-oja.



Kuva 2: Erilaisia suoto-ojia

Viitejulkaisun 1 kuvassa 43:5 leikkauksessa A – A oleva kallion irtilouhinnan syvyys on todennäköisesti liian pieni jo Etelä-Suomenkin olosuhteita ajatellen. Leutoina talvina lumen alla virtaava vesi jäätyy matalassa kylmässä louheessa ja alkaa muodostaa lopulta paannejäätä rakenteeseen.

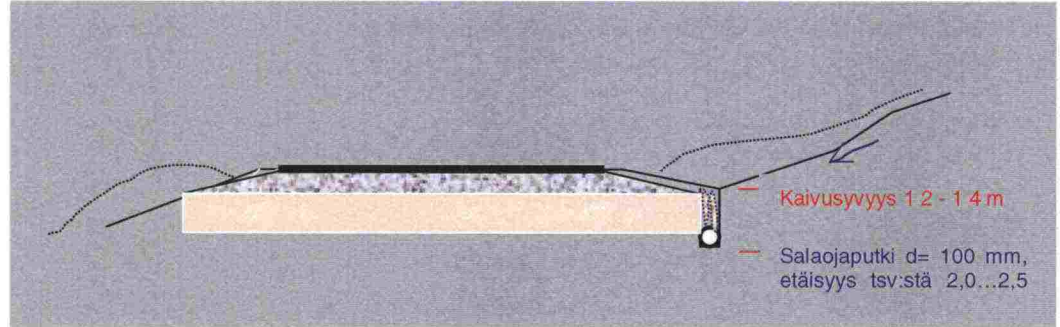
## (Syvä-) salaoja

Salaoja sijoitetaan poikkileikkauksessa siten, että siellä virtaava vesi ei jäädy talven aikana. Edullisin paikka on sivuojan pohja tai sivuluiska yleensä, jolloin rakentamistyö voidaan suorittaa tiealueella ja liikennettä mahdollisimman vähän häiriten. Tien sivulta tierunkoon tulevan veden virtaus katkaistaan vähintään rakennekerrosten tai siirtymäkiilan alapinnan tasolle, mieluummin vielä 0,25...0,5 m edellä mainittua tasoa alemmaksi ulottuvalla sala- tai suoto-ojalla. Päälysrakenneluokissa 1 - 4 syväkuivatus tulisi ulottaa > 2,0 metrin syvyyteen tasausviivasta, alemman luokan teillä riittää 1,2 metrin syvyys.

Syväsalojan tai suoto-ojan rakenne riippuu paikallisista olosuhteista ja rakentamisajankohdasta. Yksinkertainen putkisalaoja sopii useimpiin syväkuivatusilanteisiin. Putken halkaisijaksi riittää tavallisesti 100 mm. Vähimmäiskaltevuuden tulee olla > 0,4 %. Lyhyissä salaojissa (< 100 m) viemäriputki voidaan korvata salaojaputkella tai jopa karkealla soralla, louhoskivellä tai seulajätekivillä. Karkea täyte erotetaan suodatinkankaalla perusmaasta. Muita käyttökelpoisia ratkaisuja ovat louhos- tai sorasalaojat sekä vettä johtavat hydromatot.

Kuvassa 3 on esitetty suositeltava perusrakenneratkaisu. Syväsalaoja tulee sijoittaa mieluiten sivuojan pohjan kohdalle tai luiskaan ja ulottaa rakennekerrosten alle roudattomaan syvyyteen. Sivuojan pohjan kohdalla (lumen suojaama alue) riittävä syvyys on useimmiten 1,2 .. 1,4 metriä.





Kuva 3: Sivuojaan sijoitettu syväsalaoja, joka estää sivulta tulevan pohjaveden pääsyn tierakenteeseen

Vettä hyvin johtavissa maakerroksissa, kuten harjujen liepeillä, joissa maaston kaltevuus voi olla varsin pieni, saattaa esiintyä veden purkauspaikkoja, lähteitä ja kosteikkoja. Vesi voi olla myös paineellista salpavettä hienojakoisten, huonosti vettä läpäisevien maakerrosten alla. Tällaisessa maastokohdassa saattaa syntyä hydraulinen murtuma jo matalassakin leikkauksessa. Seurauksena saattaa olla leikkauspohjan häiriintyminen kulkukelvottomaan tilaan ja luiskien sortuminen pohjavesipinnan alapuolella.

Salaojat mitoitetaan vesivaraston antoisuuden mukaan. Antoisuuteen vaikuttaa suuressa määrin maalajin vedenläpäisevyys (ks viitejulkaisu 1: luku 4.12) sekä valuma-alueen korkeussuhteet ja -laajuus.

Syväsalaojan kautta virtaavat vedet johdetaan lähimmän rummun kautta laskuojaan. Rummun sulana pysyminen on varmistettava tarvittaessa lämpöeristyksellä.

## 5 TYÖSELITYKSET JA -OHJEET

Tavanomaisissa kuivatusratkaisuihin työselitykseksi riittää eri osavaiheiden teon yhteydessä viittaus ohjeen Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset (TYLT) kohtiin Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet sekä Kuivatusrakenteet ja putkistot.

Syväsalaoja pyritään tekemään kuivan kauden aikana, jolloin pinta- ja pohjavesivirtaus on pienimmillään ja pohjavesi alhaalla. Vuotuinen pohjavedenpinnan vaihtelu on 0,5...1,0 m. Normaalisti pohjavesi on alimmillaan keväällä, juuri ennen lumen sulamiskauden alkua.

Kaivanto tehdään kapealla ojakauhalla aloittaen putken alapäästä. Salaoja on tehtävä valmiiksi tarkastuskaivoineen kaivun etenemisen mukaan, jotta vältetään sortumilta ja työtapaturmilta. Näissä tapauksissa salaojatäyte erotetaan suodatinkankaalla perusmaasta ja veden ohjautumista salaojaan tehostetaan vettä huonosti läpäisevillä täytteillä (ks viite 1, kuva 43:5 poikkileikkaukset C-C ja E-E). Salaojan tulisi sijaita sivuojaassa (ojan pohja), jolloin kaivutyö jää minimiin ja kuitenkin salaojan toimivuus on turvattu. Työn aikana lietepitoinen vesi pumpataan työalueen ulkopuolelle, jottei se liety valmiiseen putkistoon.



Työkohtainen työselitys laaditaan silloin, kun yleisohjeet ovat riittämättömät tai työ vaatii erityisratkaisuja. Erityisratkaisuja joudutaan tekemään, jos työhön liittyy esim. pohja- tai pintaveden aiheuttama hydraulisen murtuman vaara, painumavaurioiden mahdollisuus alueen rakennuksiin tai tavallista suurempi työtapaturman vaara.

## 6 KUSTANNUSTEN HALLINTA

Tavanomainen, suppea-alainen syväkuivatusrakentaminen ei yleensä aiheuta ongelmia ympäristölle. Varsinkin jos rakennuskohteen läheisyydessä ei ole asutusta. Silloin työohjeksi riittää yksinkertainen maastoeselvitys ja sen pohjalta laadittu pelkistetty rakennus- / työsuunnitelma.

Kuivatuksen kustannusten arvioinnissa kysymys on ensisijaisesti ympäristön riskien tunnistamisesta ja hallinnasta ja vasta sen jälkeen rakentamiseen liittyvistä arvoista. Jos veden tulo on runsasta ja alapuolisella alueella on kaivoja, rakennuksia ja asutusta, kuivatuksen järjestely saattaa johtaa monitahoiseen optimointitehtävään. Silloin kokonaiskustannuksia, haittakorvaukset mukaan lukien, tulee verrata saavutettavaan hyötyyn.

Syväsalaajan ( $d = 100$  mm) rakentamiskustannukset riippuvat maaperän laadusta ja ovat erään arvion mukaan 300...350 mk/m, kun kalliosalaajaa on 1/3...2/3 ojan pituudesta. Todennäköisesti kustannus on huomattavasti suurempi, sillä kapean (0,4 m) kalliokanaalin louhiminen ja avaus ei käytännössä onnistu. Edellä mainituissa hinnoissa ei ole mukana kaapeleiden siirtokustannuksia, jotka ovat 10000...15000 mk/tapaus. Kanaalilouhinnan hinta on noin 290 mk/m<sup>3</sup>tr eli noin 750 mk/m 2,5 m syvää kanaalia.

Tierungon syväkuivatuksella vaikutetaan tierakenteen elinkaareen parantamalla kuormitus- ja routakestävyyttä sekä geoteknistä kantavuutta. Tavanomainen routamitoitus ja siirtymäkiilarakenteiden käyttö ei poista epätasaista routimismousua, jos sen aiheuttaa tien ulkopuolelta tierakenteeseen pääsevä vesi. Syväkuivatustekniikalla voidaan saada huomattava kantavuuden paranus aikaan samalla kun vähennetään epätasaista routimista sivukaltevissa maastokohdissa.

Syväkuivatustekniikkaa käyttäen vesivaurioiden korjaus tehdään päällysteen ulkopuolella, sivuluiskassa tai -ojassa, joten menetelmän käyttö tuo merkittäviä säästöjä tienpitoon eikä aiheuta suurta haittaa liikenteelle. Menetelmää tulee käyttää myös alemmalla tieverkolla tien reunan kantavuuden paranemisen ja ojien kunnostustarpeen vähenemisen takia.

## 7 KUIVATUSTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA MUU OHJEISTUS

Suppea-alaisissa syväkuivatushankkeissa ei yleensä tarvita ympäristölupaa tai muutakaan kolmannen osapuolen lupaa, kun työ voidaan suorittaa tiealueella ja käytetään hyväksi olemassa olevaa kuivatusjärjestelmää (rummut ja laskuojat).

Jos kuivatuksen hoitamiseen liittyy epäselvyyksiä, kannattaa kääntyä alueellisen ympäristökeskuksen puoleen. Sieltä saa neuvoja esim. kysymykseen tarvitaanko kuivatuksen uudelleen järjestelyyn ympäristölupa. Ympäristölupa tulee hakea ympäristölupavirastosta (entinen vesioikeus).

Kuivatusjärjestelmiä, ojitusta koskevia säädöksiä on vesilain 6. luvussa sekä tielain 30.3 §:ssä, jonka mukaan tienpitäjällä on tarpeen niin vaatiessa oikeus laskuojan tekemiseen toisen maalle noudattamalla vesilain säädöksiä. Tiepenger ei saa muodostaa estettä maan luonnolliselle vedenvirtaukselle, ts. ojitus on tehtävä siten, ettei toiselle kuuluvalla alueella aiheudu vahingollista vettymistä tai muuta vahinkoa (VL 6:3) Yleisperiaate on, että laskuoja on johdettava toimivaan puroon tai vesistöön saakka. On huomattava, ettei tieoikeus anna oikeutta laskuojan tekemiseen vaan siihen on saatava maanomistajan suostumus.

Kuivatuksesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia selvittäessä on huomattava, että vesilain 1. luvun 18 §:n mukaan ei ilman ympäristölupaviraston lupaa saa käyttää pohjavettä tai muutoin ryhtyä toimenpiteeseen, josta voi olla seurauksena toisen kiinteistöllä talousveden saamisen tai erityisen antoisan pohjavesiesiintymän hyväksikäyttämisen olennainen huononeminen tai jonkin pohjavedenottamon veden saannin vaikeutuminen. Ympäristölupa tarvitaan kaikkien pohjaveden ottoon, joka ylittää 250 m<sup>3</sup>/d (VesiL 9. luku 7§).

## 8 VIITEJULKAISUT

### Kuivatuksen suunnittelua ja toteutusta koskevat ohjeet:

1. Teiden suunnittelu IV Tien rakenne 4 Kuivatus (TIEL 2140005)
2. Tien kuivatustarvikkeet. Suunnittelu- ja valintaperusteita (TIEL 2140006)
3. Tieleikkausten pohjatutkimukset (TIEL 3200354)
4. TIEL 2140015 yleisohjeet (soveltuvien osien)
5. Pienten kaivantojen tukeminen, Tiedonanto 28, (VTT)
6. Johtokaivantojen tukemisohjeet, Tiedonanto 29, (VTT)

### Lainsäädäntöä koskevat viitteet

7. Valtioneuvoston päätös 274/1969, muutos 496/1972, joka sisältää rakennustyössä noudatettavat järjestysohjeet
8. Vesilaki ja muuta ympäristölainsäädäntöä, 1998. Oy Edita Ab. ISBN 951-37-2480-8



## 9 RATKAISUESIMERKKEJÄ

### 9.1 Esimerkkitapaus Teisko, toteutus 1999

Teiskon Terälahdessa suoritettiin mt 338:lla syväsalaojituskokeilu syksyllä 1999. Ongelmana tiellä oli sivukaltevan rinnemaaston aiheuttama veden virtaus tierakenteeseen, minkä seurauksena routanousu aiheutti vuosittain tierakenteen vaurioitumisen ja päällysteen rikkoutumisen. Oheisessa työselostuksessa ja poikkileikkauksissa esitetään ongelman poistamiseksi suoritettut toimenpiteet.

#### Työselostus, mt 338 tieosa 4 PLV 2730 - 2820

##### 1. Maaperä

Alueen topografia on vaihteleva. Kohoumissa kallio on pinnassa tai hyvin lähellä pintaa. Kalliota peittää pinnaltaan kivinen ja lohkarainen moreeni. Alavimmilla paikoilla on pinta-alaltaan pienehköjä pehmeikköjä tai lampia.

Koealueella maaperä on hienorakeista routivaa moreenia. Paikoitellen kallio nousee lähelle maanpintaa. Topografian perusteella pohjavesivirtausten suunta on maaston pinnan muotoja noudatteleva. Koekohteella pohjavesipinta viettää luoteesta kaakkoon, virtaa tien poikki ja purkautuu läheiseen lampeen. Pohjavesipinnan korkeuden, veden määrän ja maan kosteuden vaihtelut ovat suuria riippuen vuoden sateisuudesta ja vuodenajasta. Tien vasen reuna leikkautuu moreenileikkaukseen ja oikea puoli on matalalla penkereellä. Tien oikealla puolella on pehmeikköä. Vaihteleva, routiva maa-perä ja tien alle poikittain suuntautuva pohjavesivirtaus aiheuttavat epätasaista routimista. Keväisin moreenileikkauksista purkautuu paikoitellen suotovesiä, jotka muuttavat maan juoksevaksi.

##### 2. Syväsalaoitus

Syväsalaoituksella pyritään estämään pohjavesien ja vajovesien virtausta tien alle. Mikäli pohjavesivirtausta saadaan ohjattua salaojaan, vähenee pohjamaan routiminen ja siitä syntyvä tienpinnan halkeilu ja epätasaisuus. Lisäksi moreeniluiskaan, jossa todettiin kevään 1999 aikana moreenin liet-tymistä, tehdään murskesuoto-ojia. Suoto-ojilla pyritään kuivattamaan luis-kaa ja estämään luiskien liettyminen.

Suunnitelmaan liittyy sijaintikartat, poikki- ja pituusleikkaukset sekä rakennekuvat, joista tässä yhteydessä esitetään vain rakennekuvat (kuva 4).

Syväsalaojan pituudesta valtaosa kaivetaan moreenimaahan. Linjan loppupäässä on paikoitellen louhittavaa kalliota. Ojalinjojen sijainti on valittu siten, että nykyistä tien päällysteen reunaa ei rikota. Suunnitelmassa syväsalaojen syvyys on 1,8 m tien tasausviivasta mitattuna. Kaivannossa käytetään pohjamaan ja salaojan täyttömateriaalin erottamiseksi suodatinkangasta, jonka käyttöluokka on III. Syväsalaoituksessa käytetään salaojaputkea, d= 100 mm. Putken ympärystäyttö tehdään salaojitussoralla tai kallioulouheella 2...8 mm. Muuten täytössä käytetään karkeaa kalliomursketta, jonka maksimira-ekoko on alueella 150 ... 200 mm (jakavan kerroksen materiaali).

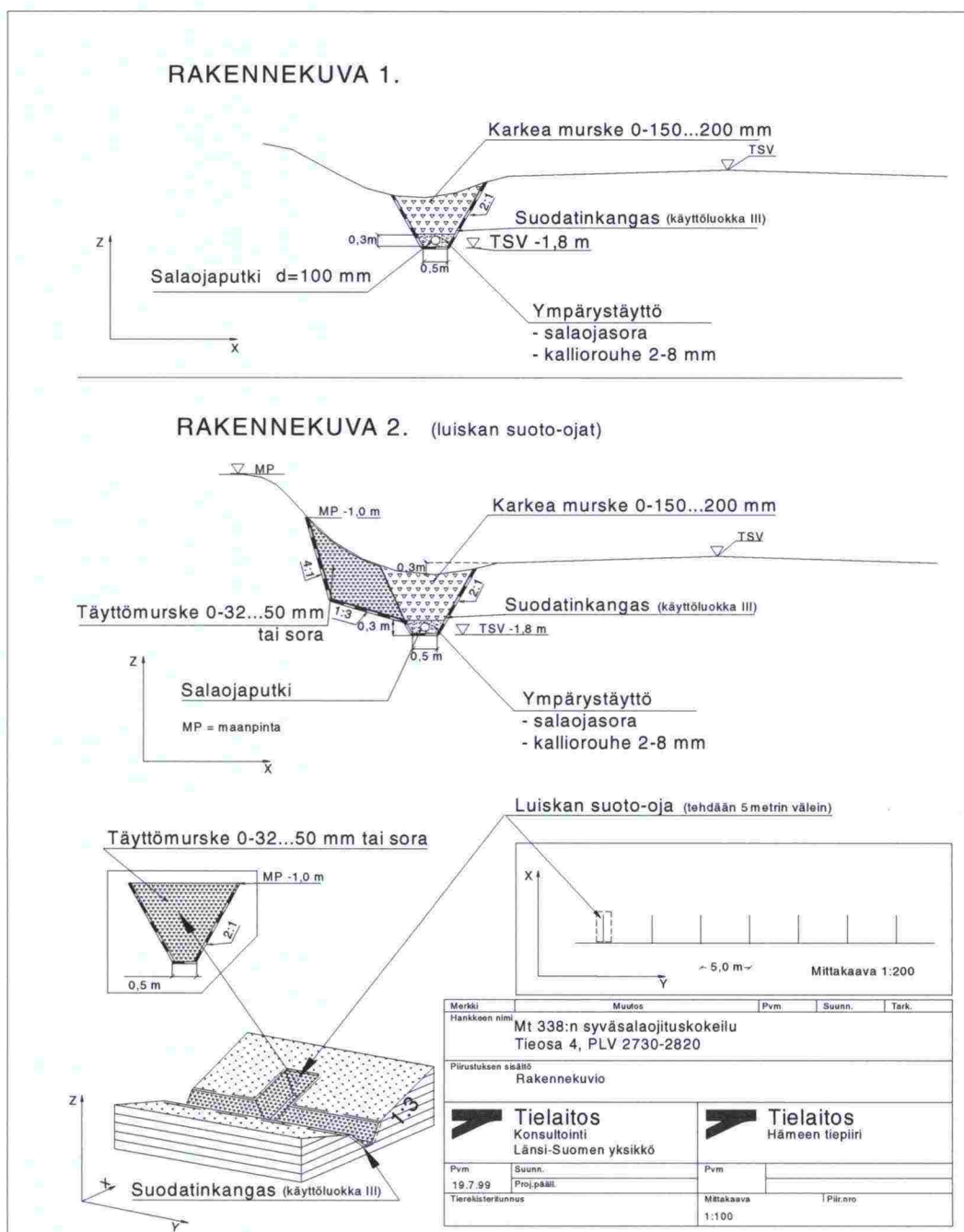
Luiskien suoto-ojat kaivetaan moreenimaahan. Täyttömateriaalina käytetään mursketta 0 - 32...50 mm tai soraa (hiekkainen sora) Täyttö erotetaan poh-

jamaasta suodatinkankaalla (käyttöluokka III). Salaojien vedet johdetaan tien alittavaan rumpuun, joka on paalulla 2 750.

### 3. Laadun osoittaminen

Suunnittelijalle toimitetaan tiedot seuraavista asioista:

- täyttömateriaaleista raportoidaan rakeisuudet
- salaojaputken asema ja toteutunut kaltevuus
- syväkaivannon teosta raportoidaan maaperä- ja pohjavesihavainnot sekä paaluvälit, jossa on tehty kalliolouhintaa
- mahdolliset työhön liittyvät poikkeamat tai täydennökset



Kuva 4. Rakennetyyppikuvat mt 338:n syväsalaojituskokeilussa Teiskossa 1999



Kuvassa 5 on tyypillinen sivukalteva rinne, joka johtaa vettä tierakenteeseen.



Kuva 5. Teiskon syväsalaojituskohde 1999.

## 9.2 Esimerkkitapaus Söderby, toteutus 1998

Ruotsinpyhtäällä, Söderbyn paikallistiellä pt 11927 (Reimarsin kohta) on sivukaltevan maaston aiheuttama veden virtaus tierakenteeseen aiheuttanut vuosittain toistuvaa paannejään muodostusta ja epätasaista routakohoumaa sekä merkittävää kevätkantavuuden laskua. Uudenmaan tiepiirin rakenteenparantamiskohteeksi tie ajoittui vuodelle 1998. Parantamissuunnitelma laadittiin siten, että tälle 6 m leveään Ös-päällysteisen tien epätasaista routanousua aiheuttaville tienkohdille suunniteltiin parantamistoimenpiteeksi syväkuivatusmenettely ja muille tien kohdille tavanomainen rakenteenparantaminen.

Oheinen työohje- ja rakennekuvaus on tarkoitettu yleisratkaisuksi.

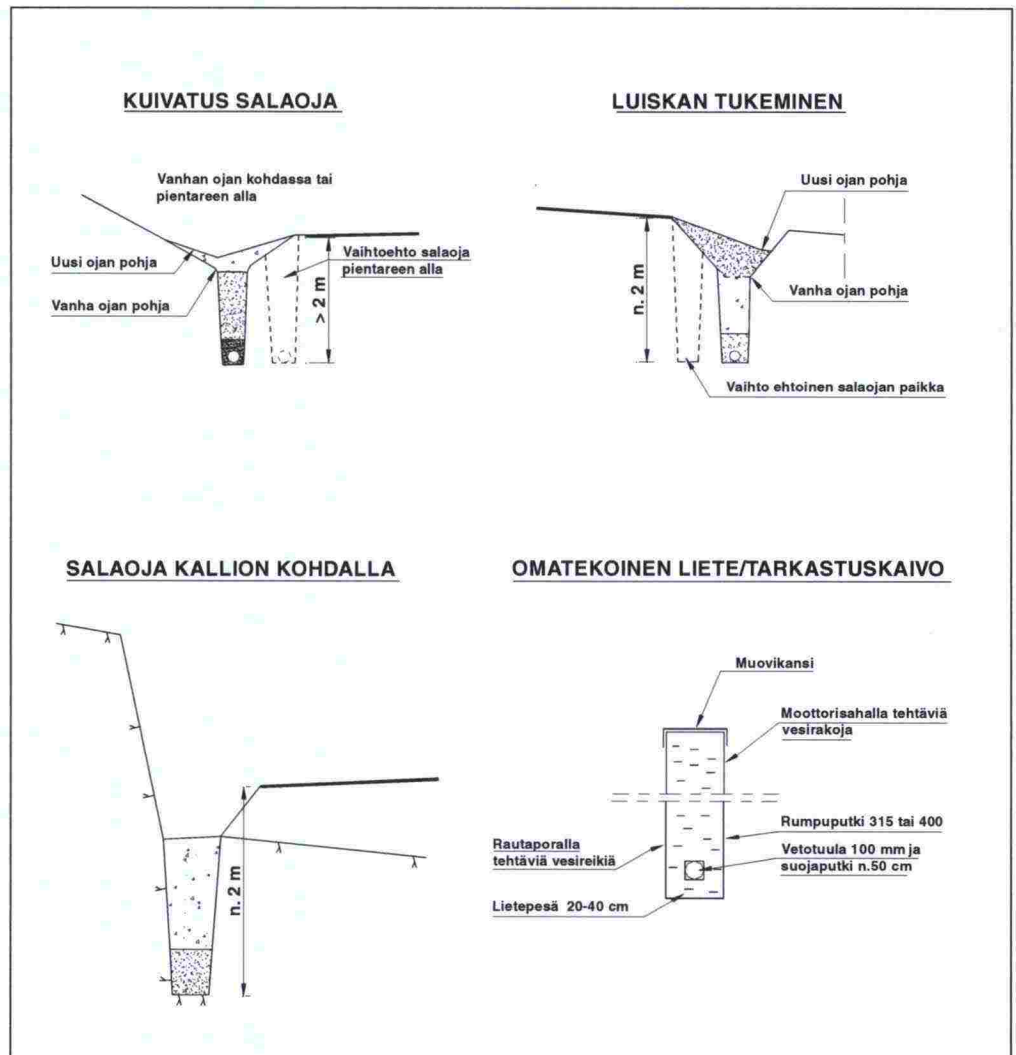
### Työohje, pt 11927 parantaminen Reimarsin kohdalla

#### 1. Rakenne

Kapean kaivannon pohjalle, yli 2 m:n syvyyteen tienpinnasta, asennetaan Vetotupla 100 mm:n salaojaputki 6 m:n salkoina. Alkutäyttö kivettömällä soralla tai sepelillä # 5-10 mm, lopputäyttö karkealla soralla.

Tarkastuskaivot noin 30-50 m:n välein voidaan tehdä  $d = 315$  tai 400 mm rumpuputkesta leikkaamalla, kansi päälle. Joka toinen kaivo voi olla ns. huuhtelukaivo (Uponor nro 353634). Laskuaukon päähän asennetaan läpät SMX. Tyypin rakennekuvaus on esitetty kuvassa 6.





Kuva 6. Tyyppirakennepoikkileikkaukset Söderbyn pt:n syväsalaojituskohhteessa 1998.

## 2. Syväsalaojien sijoitus

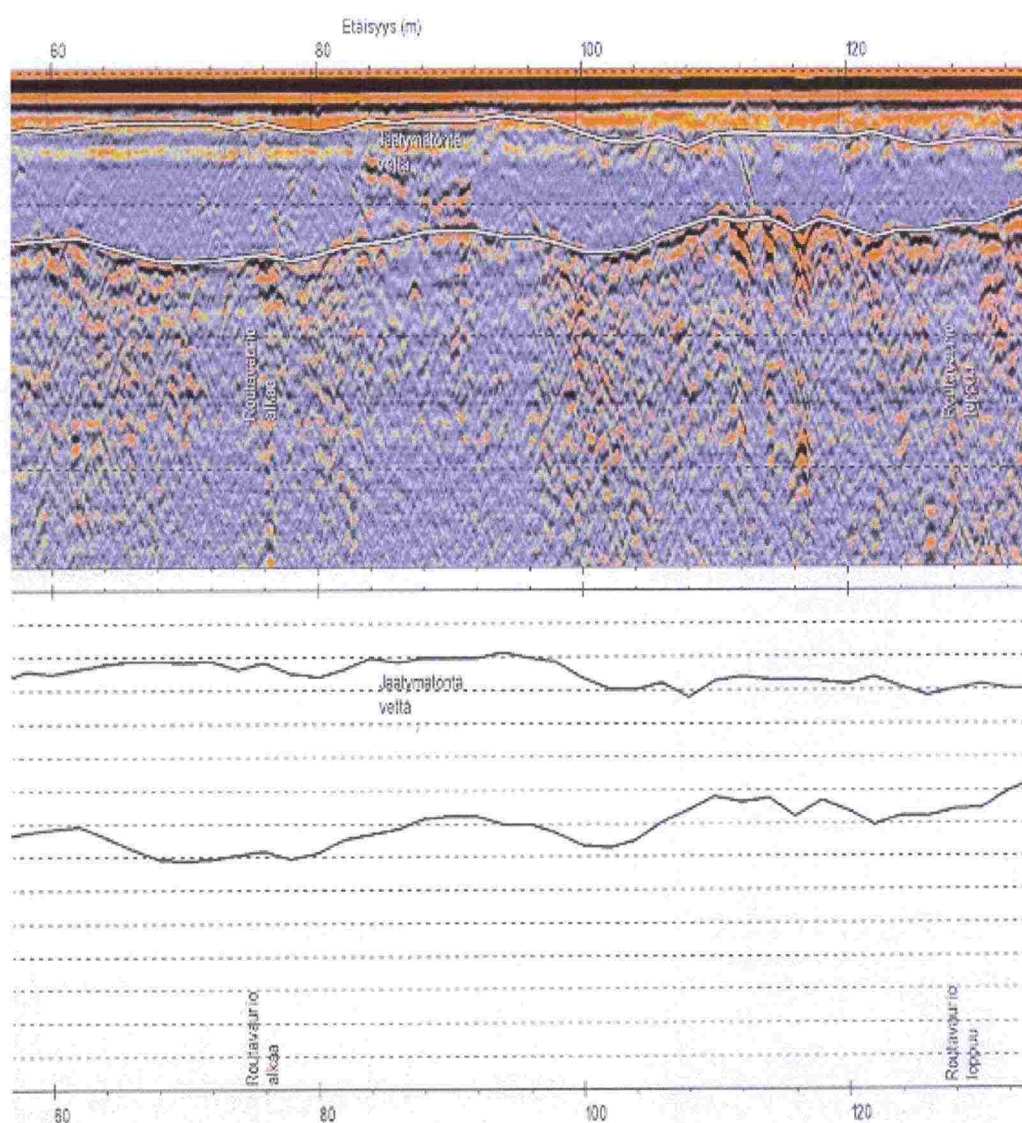
- sivuojan kohdalle kaltevassa maastossa (tien yläpuolelle), mistä kertyy jatkuvaa veden virtausta, tiiksumista
- kallion kohdalle; tien yläpuolinen kalliopinta johtaa tavanomaisesti vettä, joten salaoja on ulotettava roudattomaan syvyyteen saakka
- ahtaat kohdat, mihin ei sovi avo-ojaa
- luiskan tukeminen.

## 3. Syväsalaojituksella saavutettavat edut

- kantavuuden parantaminen
- routivuuden väheneminen
- säästää kerrospaksuuksia (vanha riittää)
- tarvittaessa tiealue ei suurene
- liikenneturvallisuus paranee
- vesakon kasvu vähenee
- paannejään muodostuminen loppuu
- maisemapuut ja -pensaat säästyvät
- päällysteen kesto paranee oleellisesti

- tien reunaan pysäköinti helpottuu
- kevyt liikenne voi väistää ojan päälle
- soveltuu hyvin työorganisaation varatyöksi
- soraharjut säästyvät

Kuvassa 7 on esitetty Söderbyn pt:llä keväällä 1998 suoritetun maatumkauksen kuvadataa tulkittuna. Tutkakuvalta voidaan tunnistaa rakennekerrokset ja erityisesti sulana oleva vapaa vesi. Sivulta virrannut vesi on aiheuttanut talvikautena tierakenteen jäätymisen ja routanousu on rikkonut tierakenteen. Maatumkaukshetkellä on ollut sulamisvaihe menossa, joka erottuu tutkakuvalta selvästi.



Kuva 7. Maatumkaukua Söderbyn pt:ltä Reimarsin syväkuivatuskohteella

Kuvissa 8-9 on esitetty syväsalaojarakenteiden tekoa Uudellamaalla.



Kuvat 8 - 9. Syväsalaojitusta Uudenmaan tiepiirissä v 1998



